LUCRAREA 20

ASAMBLĂRI PRESATE ARBORE – BUTUC

1. Scopul lucrării

Posibilități de montare a unei asamblări presate arbore-butuc.

2. Elemente teoretice

2.1. Relația strângere elastică presiune

Asamblarea cu strângere între butuc şi arbore (figura 1, figura 2), determină deformarea elastică a celor două corpuri cu inducerea unei presiuni la nivelul suprafeței comune de contact. Această presiune face posibilă dezvoltarea unui regim de frecare limită, cu forțe şi momente de frecare rezistente tendinței de mişcare relativă, [1], [2].

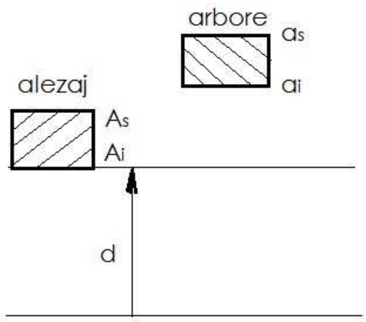


Fig. 1 *Poziția câmpurilor de toleranță pentru o asamblare cu strângere*

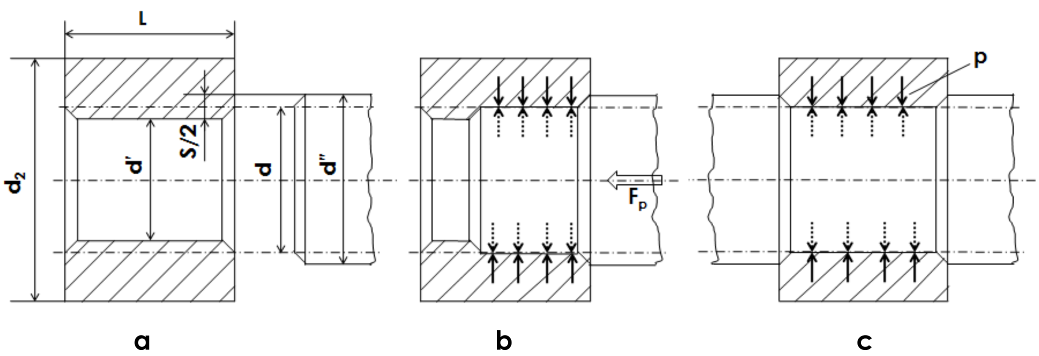


Fig. 2 *Realizarea asamblării presate*

Strângerea teoretică este apreciată ca diferenţa dintre valorile diametrelor celor două suprafeţe, alezaj şi arbore, figura 2:

$$S = d_a - d_b = d'' - d' \qquad (1)$$

Urmare a asamblării presate, butucul şi arborele se deformează elastic, astfel încât cele două suprafeţe, alezajul butucului şi arborele, sunt în contact pe o suprafaţă comună cu diametrul d şi lungimea L, figura 2. Diametrul efectiv al alezajului butucului a crescut la valoarea $d' + S/2$ concomitent cu micşorarea diametrului arborelui la valoarea $d'' - S/2$.

Relaţia presiunii dintre suprafeţele asamblării presate este derivată din teoria tuburilor cu pereţi groşi (*relaţia lui Lamé*):

$$p = \frac{S_{ef}}{d} \cdot \frac{1}{\frac{K_a}{E_a} + \frac{K_b}{E_b}} \qquad (2)$$

în care d este diametrul nominal, S_{ef} strângerea efectivă, E_a şi E_b modulul de elasticitate longitudinal al materialului pentru arbore, respectiv butuc, iar K_a şi K_b sunt coeficienţi precizaţi de relaţiile:

$$K_a = \frac{d^2 + d_1^2}{d^2 - d_1^2} - \nu_a, \qquad K_b = \frac{d_2^2 + d^2}{d_2^2 - d^2} - \nu_b \qquad (3)$$

unde d_1 este diametrul eventualei găuri din arbore, d_2 este diametrul exterior al butucului, iar ν_a şi ν_b sunt coeficienţii Poisson de contracţie transversală pentru cele două materiale.

2.2. Influenţa deformărilor plastice de la nivelul rugozităţilor

La asamblarea prin presare, rugozităţile suprafeţelor asamblării se deformează plastic determinând o reducere cu o valoare ΔS a strângerii de la valoarea teoretică S_t la o valoare efectivă, S_{ef}.

Presiunea p din relaţia (2) este determinată de strângerea efectivă:

$$S_{ef} = S_t - \Delta S \qquad (4)$$

Se apreciază că aplatizarea prin deformare plastică a vârfurilor de rugozitate reduce cu 60% înălţimea maximă R_z a rugozităţii fiecărei suprafeţe:

$$\Delta S = 1{,}2 \cdot \left(R_{z_a} + R_{z_b}\right) \qquad (5)$$

2.3. Condiția de transmitere şi capacitatea portantă

Transmiterea momentului de torsiune M_t între arbore şi butuc se face prin frecare, proces care impune condiția de transmitere:

$$M_f \geq \beta \cdot M_t \tag{6}$$

unde M_f este momentul de frecare rezistent, iar β este coeficientul de siguranță la patinare.

Capacitatea portantă este reprezentată de momentul (forța) de frecare, cu valoarea *minimă*, care se poate opune tendinței de mişcare relativă.

$$M_f = F_f \cdot \frac{d}{2} = \mu \cdot F_N \cdot \frac{d}{2} = \mu \cdot \pi \cdot \frac{d^2}{2} \cdot L \cdot p \tag{7}$$

în care μ este coeficientul de frecare corespunzător unui regim de frecare limită. Dacă arborele, respectiv butucul, sunt din oțel sau fontă, coeficientul de frecare poate avea valori în domeniul (0,08 ... 0,16).

2.4. Montare prin presare - forța de presare

Presa utilizată la montare trebuie să asigure o forță de presare superioară valorii *maxime a forței de frecare* ce se poate dezvolta între suprafețele asamblării:

$$F_{p_min} \geq F_{f_max} = \mu_{max} \cdot p_{max} \cdot \pi \cdot d \cdot L \tag{8}$$

2.5. Montare prin dilatare termică - temperatura de încălzire

Temperatura de încălzire a butucului trebuie să asigure o valoare pentru dilatarea termică care să depăşească strângerea maximă cu valoarea jocului de montaj:

$$S_{max} + J_{montaj} = \Delta d = d \cdot \alpha \cdot \Delta t = d \cdot \alpha \cdot (t_i - t_0) \tag{9}$$

de unde se calculează *temperatura de încălzire* a inelului:

$$t_i = t_0 + \Delta t = t_0 + \frac{S_{max} + J_{montaj}}{\alpha \cdot d} \tag{10}$$

în care: t_0 este temperatura mediului ambiant, J_{montaj} este jocul de montaj (se alege din condiția $J_{montaj} \geq d \cdot 10^{-3}$ în mm), α este coeficientul de conductibilitate termică, $\alpha = 1{,}2 \cdot 10^{-5} K^{-1}$ pentru oțel.

Întrucât inelul de rulment a suportat un tratament de revenire joasă drept tratament termic final, temperatura de încălzire trebuie să fie cu cel puțin 50 °C inferioară temperaturii de revenire. Oțelurile de rulmenți pentru călire integrală de tip 100Cr6 (Germania), AISI52100 (SUA), SUJ 2 (Japonia) au temperatura de revenire joasă de 160 ...180 °C.

3. Determinări experimentale

Pentru un arbore al unui reductor cu roți dințate se vor determina elementele necesare pentru fixarea prin asamblări presate a inelelor interioare pe fusuri.

Modul de lucru

1) Se realizează schița arborelui.

2) Se măsoară cu şublerul diametrele fiecărui tronson şi se cotează pe desen. Se identifică tronsoanele unde este realizată asamblarea presată dintre inelul interior al rulmenților şi arbore stabilind diametrul nominal *d* al asamblării. Se alege din catalogul de rulmenți lățimea *B* a rulmentului.

3) Folosind tabelul 1 se propune *ajustajul* ce trebuie realizat între inelul interior al rulmentului şi arbore. Se calculează valorile, maximă şi minimă, ale strângerii teoretice:

$$S_{\max} = d_{\max} - D_{\min} = a_s - A_i \qquad (11)$$

$$S_{min} = d_{min} - D_{max} = a_i - A_s \qquad (12)$$

în care s-au notat cu *a* abaterile arborelui şi *A* abaterile alezajului, în mm.

Ajustajele care pot fi realizare între suprafața arborelui şi inelele interior şi exterior ale unui rulment sunt reprezentate în figura A 5.1, [3] din ANEXA 5 „*Ajustaje recomandate pentru asamblări presate dintre arbore şi butuc*”.

4) Se calculează valorile efective ale strângerii, relația (4) şi relația (5). Pentru rugozitățile celor două suprafețe se consideră valorile: $R_a = 0{,}16\,\mu\text{m}$, pentru suprafața cilindrică a inelului interior, şi $R_a = 0{,}32\,\mu\text{m}$ pentru suprafața fusului arborelui. Se va admite $R_z \cong 4 \cdot R_a$.

5) Se determină valorile posibile, minimă şi maximă, ale presiunii rezultate după realizarea asamblării, relația (2). Pentru arbore cu secțiune plină $d_1 = 0$. Pentru arbore şi butuc din oțel: $E_a = E_b = 2{,}1 \cdot 10^5$ MPa, $\nu_a = \nu_b = 0{,}3$.

6) Se determină valoarea forței necesară pentru alegerea presei de montare, relația (8).

7) Se determină *capacitatea portantă la torsiune a asamblării* presate relația (7). Se discută această valoare în raport cu valoarea momentului de frecare din rulment apreciată pentru condiții grele de încărcare şi lubrificație săracă.
8) În vederea montării prin dilatarea termică a inelului interior se calculează valoarea necesară pentru temperatura de încălzire relația (10). Se discută valoarea astfel calculată în raport cu valoarea temperaturii de revenire joasă a oțelului de rulmenți.

4. Aplicație

Se consideră o asamblare cu strângere elastică între un arbore şi o roată care realizează un ajustaj $\varnothing 40 H8/u8$. Să se determine capacitatea portantă garantată şi temperatura de încălzire necesară pentru montare.
Se cunosc: lățimea roții 50 mm, diametrul exterior 80 mm, parametrul de rugozitate R_a pentru suprafețelor arborelui şi butucului este de 0,8 μm, respectiv 1,6 μm.
Se aleg: materialul pentru arbore, coeficientul de frecare dintre butuc şi arbore.
Abaterile limită pentru dimensiunile arborelui şi butucului se aleg din ANEXA 5 (tabelele A 5.1 şi A 5.2) pentru realizarea ajustajelor preferențiale în sistemul alezaj unitar H7, respectiv H8.

Bibliografie

1. Gafițanu, M., Crețu, S., Pavelescu, D., ş.a., 1981, *Organe de maşini*, vol. I, Editura Tehnică, Bucureşti.
2. Shigley, E.J., Mischke, R.C., Budynas, G.R., Molari, G.P., 2005, *Progetto e construzione di machine*, McGraw-Hill, Milano, New York.
3. SKF, 2008, *General Catalogue*, Sweden.

Tabelul 1 *Abateri limită la dimensiunile de montare ale rulmenților, μm*

Diametrul nominal al arborelui, mm	Câmpuri de toleranță													
	Inel	Arbore												
		g5	g6	h5	h6	j5	j6	k5	k6	m5	m6	n5	n6	p6
De la 3 la 6	0 -8	-4 -9	-4 -12	0 -5	0 -8	+3 -2	+6 -2	+6 +1	+9 +1	+9 +4	+12 +4	+13 +8	+16 +8	+20 +12
De la 6 la 10	0 -8	-5 -11	-5 -14	0 -6	0 -9	+4 -2	+7 -2	+7 +1	+10 +1	+12 +6	+15 +6	+18 +10	+19 +10	+24 +15
De la 10 până la 18	0 -8	-6 -14	-6 -17	0 -8	0 -11	+5 -3	+8 -3	+9 +1	+12 +1	+15 +7	+18 +7	+20 +12	+23 +12	+29 +18
De la 18 până la 30	0 -10	-7 -16	-7 -20	0 -9	0 -13	+5 -4	+9 -4	+11 +2	+15 +2	+17 +8	+21 +8	+24 +15	+28 +15	+35 +22
De la 30 până la 50	0 -10	-9 -20	-9 -25	0 -11	0 -16	+6 -5	+11 -5	+13 +2	+18 +2	+20 +9	+25 +9	+28 +17	+33 +17	+42 +26
De la 50 până la 80	0 -12	-10 -23	-10 -29	0 -13	0 -19	+6 -7	+12 -7	+15 +2	+21 +2	+24 +11	+30 +11	+33 +20	+39 +20	+51 +32
De la 80 până la 120	0 -20	-12 -27	-12 -34	0 -15	0 -22	+6 -9	+13 -9	+18 +3	+25 +3	+28 +13	+35 +13	+38 +23	+45 +23	+59 +37
De la 120 până la 180	0 -25	-14 -32	-14 -39	0 -18	0 -25	+7 -11	+14 -11	+21 +3	+28 +3	+33 +15	+40 +15	+45 +27	+52 +27	+68 +43
De la 180 până la 250	0 -30	-15 -35	-15 -44	0 -20	0 -29	+7 -13	+16 -13	+24 +4	+33 +4	+37 +17	+46 +17	+51 +31	+60 +31	+79 +50
De la 250 până la 315	0 -35	-17 -40	-17 -49	0 -23	0 -32	+7 -16	+16 -16	+27 +4	+36 +4	+43 +20	+52 +20	+57 +34	+66 +34	+88 +56
De la 315 până la 400	0 -40	-18 -43	-18 -54	0 -25	0 -36	+7 -18	+18 -18	+29 +4	+40 +4	+46 +21	+57 +21	+62 +37	+73 +37	+98 +62
De la 400 până la 500	0 -45	-20 -47	-20 -60	0 -27	0 -40	+7 -20	+20 -20	+32 +5	+45 +5	+50 +23	+63 +23	+67 +40	+80 +40	+108 +68